

## (12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
15. April 2004 (15.04.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/031441 A1(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: C23C 16/509,  
H01J 37/32[CH/CH]; av. Dapples 13, CH-1006 Lausanne (CH).  
JACCOUD, Bertrand [CH/CH]; La Caudraz, CH-1678  
Siviriez (CH).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH2003/000610

(74) Anwalt: FREI PATENTANWALTSBÜRO; Postfach  
768, CH-8029 Zürich (CH).(22) Internationales Anmeldedatum:  
9. September 2003 (09.09.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,  
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,  
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,  
MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,  
RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR,  
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
1653/02 3. Oktober 2002 (03.10.2002) CH(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),  
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): TETRA LAVAL HOLDINGS & FINANCE  
S.A. [CH/CH]; 70, avenue Général Guisan, CH-1009 Pully  
(CH).

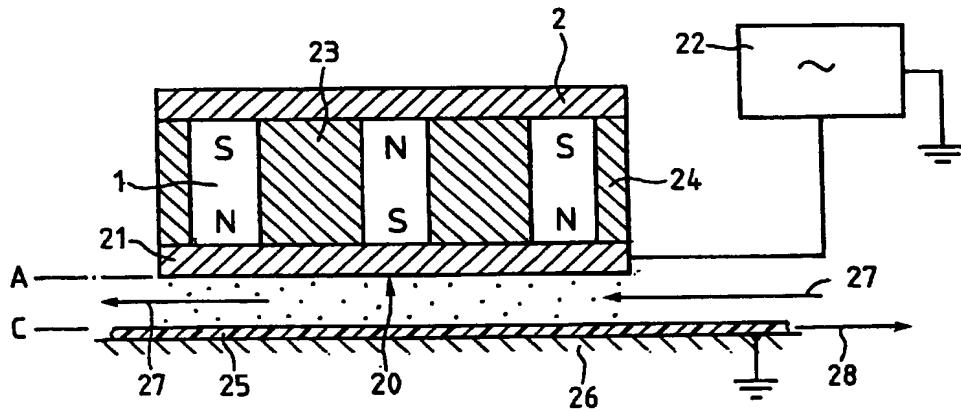
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FAYET, Pierre

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

(54) Title: DEVICE FOR CARRYING OUT A PLASMA-ASSISTED PROCESS

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG EINES PLASMA-UNTERSTÜTZTEN PROZESSES



**(57) Abstract:** Disclosed is a device for carrying out a plasma-assisted process, particularly plasma-assisted, chemical deposition from the gas phase. Said device comprises at least one unbalanced magnetron electrode which is disposed inside a vacuum chamber, is provided with a flat magnetron front (20) with peripheral and central magnet poles having opposite polarity, and is connected to a source (34) of AC voltage. Said device also comprises means for positioning a surface of a substrate (25), which is to be treated, so as to face the magnetron front, and a gas-feeding means for delivering a process gas or a process gas mixture into the intermediate space between the magnetron front (20) and the surface that is to be treated. In order to optimize the efficiency of the process (e.g. deposition rate), the distance between the magnetron front (20) and the surface that is to be treated is adapted to the magnetic field generated by the magnetron electrode (32) such that a bright plasma strip extends between darker tunnels which are formed by the lines of force extending from peripheral to central poles of the magnetron front and the surface that is to be treated. Said plasma strip has a minimal width while having a homogeneous brightness towards the surface that is to be treated. Preferably, the distance between the surface that is to be treated and the magnetron front is 2 to 20 percent greater than the height of the tunnel. The inventive device can be used for coating a plastic film with silicon oxide in order to improve the barrier properties of said film, for example.

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

WO 2004/031441 A1



DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

---

**(57) Zusammenfassung:** Eine Vorrichtung zur Durchführung eines Plasma-unterstützten Prozesses, insbesondere einer Plasma-unterstützten, chemischen Abscheidung aus der Gasphase weist in einer Vakuumkammer mindestens eine Magnetron-Elektrode auf, die vom unausgeglichenen Typus ist und eine flache Magnetron-Front (20) mit peripheren und zentralen Magnetpolen entgegengesetzter Polarität aufweist und die an eine Quelle (34) einer Wechselspannung angeschlossen ist. Die Vorrichtung weist ferner ein Positioniermittel auf, mit dessen Hilfe ein Substrates (25) mit einer zu behandelnden Oberfläche gegen die Magnetron-Front gewandt positioniert wird, sowie ein Gaszuführungsmittel zur Zuführung eines Prozessgases oder einer Prozessgasmischung in den Zwischenraum zwischen der Magnetron-Front (20) und der zu behandelnden Oberfläche. Um ein Optimum an Prozess-Effizienz (z.B. Abscheidungsgeschwindigkeit) zu erreichen, wird der Abstand zwischen der Magnetron-Front (20) und der zu behandelnden Oberfläche an das durch die Magnetron-Elektrode (32) erzeugte Magnetfeld angepasst, derart, dass sich zwischen dunkleren, durch sich von peripheren zu zentralen Polen der Magnetron-Front erstreckenden Feldlinien gebildeten Tunnels und der zu behandelnden Oberfläche ein heller Plasmastreifen erstreckt, wobei der Plasmastreifen eine minimale Breite aufweist aber gegen die zu behandelnde Oberfläche eine homogene Helligkeit hat. Der Abstand zwischen der zu behandelnden Oberfläche und der Magnetron-Front ist vorteilhafterweise zwischen 2 und 20% grösser als die Höhe der Tunnels. Die Vorrichtung ist anwendbar beispielsweise für die Beschichtung eines Kunststofffilmes mit Siliziumoxyd zur Verbesserung der Barriereeigenschaften des Filmes.

## VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG EINES PLASMA- UNTERSTÜTZTEN PROZESSES

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des ersten unabhängigen Patentanspruchs. Die Vorrichtung dient zur Durchführung eines Plasma-unterstützten Prozesses, insbesondere einer Plasma-unterstützten, chemischen Abscheidung aus der Gasphase (plasma enhanced chemical vapour deposition). Die

5 Vorrichtung dient also beispielsweise zur Beschichtung der einen Seite einer Bahn eines Filmmaterials, insbesondere zur Beschichtung eines Kunststofffilms mit Siliziumoxyd zur Verbesserung der Barriereeigenschaften des Kunststofffilms.

Es ist beispielsweise aus der Publikation EP-299754 (BOC) bekannt, eine dünne Schicht Siliziumoxyd auf einem Substrat abzuscheiden unter Verwendung einer

10 Plasma-unterstützten, chemischen Abscheidung aus der Gasphase. Gemäss dieser Publikation wird das elektrisch isolierte Substrat derart in einer Vakuumkammer positioniert, dass es der Frontfläche eines mit einer Wechselspannung gespeisten Magnetrons zugewandt ist. Ein Prozessgas, das aus einer Organosilizium-Verbindung, Sauerstoff und einem inerten Gas (z.B. Argon oder Helium) besteht, wird in den

15 Raum zwischen der Front des Magnetrons und dem Substrat eingeleitet und das Plasma, das aus diesem Prozessgas abgeleitet wird, wird aufrechterhalten bei einem Druck von beispielsweise 6 Pa.

Das Magnetron, das in der Publikation EP-0299754 beschrieben wird, ist ein flaches Magnetron des ausgeglichenen (balanced) oder unausgeglichenen (unbalanced) Typs. Der Grad an Unausgeglichenheit eines flachen Magnetrons ist abhängig von der Stärke des magnetischen Poles oder der magnetischen Pole, die auf jeder der beiden Seiten des auf der Front des Magentrons verlaufenden Rund-Tracks angeordnet sind, das heisst vom Verhältnis zwischen der Zahl von magnetischen Feldlinien, die über den Track von Nord- zu Südpol verlaufen und der Zahl von Feldlinien, die das nicht tun. Das unausgeglichene Magnetron kann bekannterweise nicht alle Elektronen und Ionen des Plasmas gefangen halten, derart, dass eine beschränkte Zahl von Elektronen und Ionen auf das Substrat treffen, was offenbar die Qualität der Abscheidung verbessert. Die Front des unausgeglichenen Magnetrons gemäss EP-0299754 weist periphere Nordpole und einen zentralen Kern aus Weicheisen auf, so dass nur ein kleiner Teil der Feldlinien von den Nordpolen zum Kern verlaufen (stark unausgeglichenes Magnetron).

15 Die Publikation EP-0605534 (BOC) beschreibt eine ähnliche, Plasma-unterstützte Abscheidung aus der Gasphase, wobei das Substrat bandförmig ist. Das bandförmige Material wird getragen von einer rotierenden Trommel, die mit elektrischer Energie versorgt wird und unter einer negativen Vorspannung steht. Ein geerdeter und gegebenenfalls gekühlter Schild ist gegen das von der Trommel getragene bandförmige Material gewandt und trägt auf seiner Rückseite mindestens ein Paar von entgegengesetzten magnetischen Polen, vorzugsweise eine Mehrzahl von alternierenden Magnetpolen. Mit Hilfe des magnetischen Feldes wird das Plasma zwischen der Trommel und dem Schild gefangen gehalten. Der Vorteil der Anordnung soll die Entkopplung von elektrischem und magnetischem Feld sein, die offenbar zu einer Ausdehnung des Plasmas auf das ganze Volumen zwischen Trommel und Schild führt. Der Abstand zwischen Trommel und Schild wird mit einer Breite zwischen 1 und 30 cm angegeben.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die oben genannten Vorrichtungen, die zur Durchführung von Plasma-unterstützten Prozessen dienen, insbesondere zur Durchführung von Plasma-unterstützten, chemischen Abscheidungen aus der Gasphase aber auch zur Durchführung von beispielsweise Plasma-Ätzprozessen oder Prozessen

5 zur Veränderung von Benetzbarkeit oder Adhäsion, und die auf einem Magnetron basieren. Die Verbesserung soll sich insbesondere auf die Effizienz des Prozesses beziehen. Für Abscheidungsprozesse soll also die bei einem vorgegebenen Energieverbrauch erreichbare Abscheidungsgeschwindigkeit, aber auch die Qualität der Abscheidung verbessert werden.

10 Diese Aufgabe wird gelöst durch die Vorrichtung, wie sie in den Patentansprüchen definiert ist.

Die Vorrichtung gemäss Erfindung weist eine Vakuumkammer auf und in der Vakuumkammer angeordnet mindestens eine Magnetron-Elektrode mit einer unausgeglichenen Anordnung von Magnetpolen sowie ein Positioniermittel, das als Gegenelektrode funktioniert und zum Positionieren eines Substrates ausgerüstet ist, dessen zu behandelnde Oberfläche gegen die Magentron-Elektrode gewandt ist. Vorteilhafterweise ist die Magnetron-Elektrode an die Wechselspannung angeschlossen und ist das Substrat oder das Positioniermittel elektrisch geerdet, ohne definiertes Referenzpotential (floating) oder an eine negative Vorspannung angeschlossen. Der Abstand

15

20 zwischen der Front des Magentrons und der zu behandelnden Oberfläche wird abgestimmt an die Eigenschaften des durch die permanenten Magnetpole des Magnetrons erzeugten magnetischen Feldes, das seinerseits abhängig ist hauptsächlich von der Stärke der Pole, vom Grad der Uneigengleichheit der Polanordnung und von der Breite des Tracks zwischen den Magnetpolen.

Experimente an einer Plasma-unterstützten Abscheidung aus der Gasphase in einem ansonsten unveränderten System (gleiches magnetisches Feld und gleiches elektrisches Feld) zeigen, dass die Abscheidungsgeschwindigkeit abhängig ist vom Abstand zwischen der Front des Magnetrons und dem Substrat derart, dass ein Optimum 5 für die Abscheidungsgeschwindigkeit gefunden wird, wenn die zu beschichtende Oberfläche gerade ausserhalb der Tunnels angeordnet wird, die durch Feldlinien gebildet werden, die sich über den Track auf der Magnetron-Front erstrecken. Das heisst mit anderen Worten: die Abscheidungsgeschwindigkeit ist am grössten, wenn der Abstand zwischen der Front des Magnetrons und der zu beschichtenden Oberfläche 10 nur wenig grösser ist als die Höhe der Tunnels über der Front des Magnetrons. Vorteilhafterweise ist der Abstand zwischen der zu beschichtenden Oberfläche und der Front des Magnetrons etwa 2 bis 20% grösser als die Höhe der Tunnels. In diesem Bereich, in dem die zu beschichtende Oberfläche positioniert wird, ist die Elektronendichte höher als in den Tunnels, die Feldlinien sind aber immer noch durch die 15 Tunnels geformt, das heisst, sie weisen eine Komponente parallel zur Front des Magnetrons auf.

Bei visueller Beobachtung eines Plasmas, das zwischen einem unausgeglichenen Magnetron mit einer flachen, rechteckigen Front (Blickwinkel parallel zur längeren Seite der Front) und einer Oberfläche, die für die Behandlung im wesentlichen parallel zur Front des Magnetrons angeordnet ist, erscheinen die genannten Tunnels als gut unterscheidbare, dunklere Bereiche innerhalb des Plasmas, das ausserhalb der Tunnels heller ist. Die oben diskutierte Einstellung des Abstandes zwischen der Magnetron-Front und der zu behandelnden Oberfläche, die abhängig von den Eigenschaften des magnetischen Feldes sein soll, kann einfach auf einer solchen Beobachtung basierend erstellt werden. Die zu behandelnde Oberfläche wird ausserhalb 20 der Tunnels positioniert, derart, dass sich ein heller Plasmastreifen zwischen den Tunnels und der zu behandelnden Oberfläche erstreckt, welcher Plasmastreifen eine 25 minimale Breite aber gegen die zu behandelnde Oberfläche eine homogene Hellig-

keit aufweist, das heisst dieselbe Helligkeit an Positionen über den Tunnels und an Positionen über dem Zwischenraum zwischen den Tunnels.

Das Prinzip der erfindungsgemässen Vorrichtung und eine bevorzugte Ausführungsform davon werden ausführlich beschrieben im Zusammenhang mit den folgenden

5 Figuren. Diese zeigen:

**Figur 1** das Prinzip der erfindungsgemässen Vorrichtung;

**Figuren 2 und 3** eine beispielhafte Magnetron-Elektrode, die in der erfindungsgemässen Vorrichtung anwendbar ist (Figur 2: Draufsicht auf die Front des Magnetrons; Figur 3: Schnitt senkrecht zur Front, Schnittlinie III-III in Figur 2);

**Figur 4** eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung, die der Beschichtung eines bandförmigen, flexiblen Materials dient, beispielsweise der Beschichtung eines Kunststofffilms mit Siliziumoxyd zur Verbesserung der Barriereeigenschaften des Filmmaterials.

15 **Figur 1** zeigt das magnetische Feld eines flachen, unausgeglichenen Magnetrons in einem Schnitt senkrecht zur Magnetron-Front. Drei Permanentmagnete 1 sind alternierend angeordnet, wobei ihre Pole auf der einen Seite durch ein Verbindungsstück 2 aus einem magnetisierbaren Material (z.B. Weicheisen) verbunden sind. Die magnetischen Pole gegenüber dem Verbindungsstück 2 bilden die flache Front des Magnetrons (Ebene A), die beispielsweise einen zentralen Nordpol aufweist, der dieselbe Stärke hat wie jeder der beiden peripheren Südpole. Das Magnetron weist weiter nicht dargestellte Mittel zur Erzeugung eines alternierenden elektrischen Feldes auf, dessen Feldlinien im wesentlichen senkrecht zur Magnetron-Front verlaufen. Dieses Mittel ist beispielsweise ein Elektrodenelement, das sich über die Front des Magne-

20

trons erstreckt und an eine Wechselspannungsquelle angeschlossen ist (siehe auch Figur 3).

Die Anordnung der magnetischen Pole der Front des unausgeglichenen Magnetrons erzeugt einen ersten Teil von magnetischen Feldlinien 10, die vom Nordpol zu einem 5 Südpole verlaufen und Tunnels 11 bilden, an deren Basis Elektronen und Ionen gefangen bleiben, und einen zweiten Teil von magnetischen Feldlinien 10', die anderswo herkommen und in den Südpolen enden. Die Höhe der Tunnels 11 über der Magnetron-Front (Ebene B) ist abhängig von der magnetischen Stärke der Pole, von den Abständen zwischen den Polen (Breite des Tracks) und vom Verhältnis der Stär- 10 ken von zentralem Pol und peripheren Polen (Grad der Unausgeglichenheit des Ma- gnetrons).

Erfindungsgemäss wird die zu behandelnde Oberfläche (Ebene C) derart positioniert, dass sie eindeutig ausserhalb der Tunnels 11 angeordnet ist, aber so nahe wie mög- 15 lich an der Front A des Magnetrons. Der Abstand zwischen den Ebenen A und C ist vorteilhafterweise mindestens 2% grösser als der Abstand zwischen den Ebenen A und B, noch vorteilhafter zwischen 2 und 20% grösser als der Abstand zwischen den Ebenen A und B.

Figuren 2 und 3 zeigen eine beispielhafte Ausführungsform einer Magnetron- 20 Elektrode für die erfundungsgemässen Vorrichtung. Die Magnetron-Elektrode hat eine flache, rechteckige Front und ist wiederum vom unausgeglichenen Typus. Figur 2 zeigt die Front des Magnetrons. Figur 3 zeigt einen Schnitt senkrecht zur Front (Schnittlinie III-III in Figur 2) und ein Substrat, das beispielsweise für eine Beschichtung der Front des Magnetrons zugewandt angeordnet ist.

Die Magnetron-Elektrode weist alternierend angeordnete, permanente Magnete 1 auf. Eine periphere Anordnung von Nordpolen und eine zentrale Linie von Südpolen (oder fünf stabförmige Magnete, deren Pole an einander gegenüberliegenden Längsseiten liegen) bilden die Front 20 des Magnetrons, die mit einem Elektrodenelement 5 21 bedeckt ist. Das Elektrodenelement 21 besteht aus einem nicht magnetisierbaren Material (z.B. Aluminium, rostfreier Stahl oder Kupfer) und ist an eine Quelle 22 einer hochfrequenten Wechselspannung angeschlossen. Dasselbe, nicht magnetisierbare Material ist vorteilhafterweise auch verwendet zum Füllen der Zwischenräume 10 23 zwischen den Permanentmagneten 1. Die magnetischen Pole, die von der Magnetron-Front abgewandt sind, sind verbunden über ein Verbindungsstück 2 aus einem magnetisierbaren Material, z.B. Weicheisen. Eine Wandung 24, die die Permanentmagnete 1 seitlich umgibt, besteht vorteilhafterweise ebenfalls aus einem magnetisierbaren Material.

Das zu behandelnde Substrat ist beispielsweise ein bandförmiges Material 25, das 15 von einer elektrisch geerdeten Unterlage 26 gestützt und kontinuierlich auf der Unterlage 26 bewegt wird (Pfeil 28). Die Unterlage kann auch ohne definiertes Referenzpotential sein oder an einer negativen Vorspannung anliegen. Das Plasma ist gefangen zwischen der Magnetron-Front und dem Substrat, wobei optimale Abscheidung (oder andere Behandlung) erreicht wird bei einem Abstand A-C, der die oben 20 gegebenen Bedingungen erfüllt. Die Prozessgasmischung wird durch den Plasmabereich geleitet, beispielsweise wie durch die Pfeile 27 illustriert.

Figur 4 zeigt eine beispielhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, die der Beschichtung oder anderen Plasma-unterstützten Behandlung eines bandförmigen, flexiblen Substratmaterials dient. Das Substratmaterial wird durch 25 eine rotierende Trommel 30 transportiert, wobei die Trommel die Unterlage 26 für das Substrat 25 darstellt. Das Substratmaterial wird von einer ersten Speicherrolle 31 abgewickelt und auf eine zweite Speicherrolle 31 wieder aufgewickelt. Um einen

Teil des Umfangs der Trommel 30 und mit dem oben beschriebenen Abstand davon ist eine Mehrzahl von Magnetron-Elektroden 32 gemäss Figuren 2 und 3 angeordnet. Die Magnetron-Fronten sind gegen die Trommel 30 gewandt und ihre Länge ist parallel zur Trommelachse ausgerichtet. Gaszuführungsleitungen 33 (z.B. Rohre mit einer Reihe von Zuführungsöffnungen) für die Zufuhr der Prozessgasmischung sind in den Zwischenräumen zwischen den Magnetron-Elektroden 32 angeordnet. Die Anordnung von Trommel 30, Speicherrollen 31, Magnetron-Elektroden 32 und Gaszuführungsleitungen 33 ist in einer nicht dargestellten Vakuumkammer untergebracht, wobei die Vakuumkammer mit Mitteln zum Abführen des Gases aus der Kammer und zur Konstanthaltung des Druckes in der Kammer ausgerüstet ist. Jede Magnetron-Elektrode 32 wird vorteilhafterweise elektrisch gespeist durch eine eigene Versorgung mit elektrischer Energie. Das Prozessgas fliesst hauptsächlich von den Zuführungsleitungen 33 gegen die Stirnseiten der Trommel, von wo es abgepumpt wird.

15 Experimente zeigen, dass bei Verwendung einer Anordnung mit einer Mehrzahl von individuell gespeisten Magnetron-Elektroden 32 nicht nur der Betrieb zuverlässiger wird (Betrieb kann bei Ausfall einer Elektrode weitergeführt werden mit einer entsprechend reduzierten Geschwindigkeit des Substrates) sondern auch die Effizienz des Prozesses. Während in einer Anordnung, wie sie in der Figur 4 dargestellt ist, ein 20 sichtbar homogenes Plasma entlang der zu behandelnden Substratoberfläche und eine hohe Betriebsstabilität entsteht, produziert eine Anordnung (wie beispielsweise beschrieben in der Publikation EP-0605534) mit einem einzigen Magnetron-ähnlichen Schild, die einen gleichen Sektor der Trommel umfasst, einen Gradienten in der Plasmaintensität entlang des Zwischenraumes zwischen Trommel und Schild, derart, 25 dass die Plasmaintensität sich vom Eingang in diesen Zwischenraum zum Ausgang vergrössert und eine sehr hohe Plasmaintensität im Ausgangsbereich eine Quelle von Unstabilitäten darstellt.

**Beispiel 1**

Eine Vorrichtung gemäss Figur 4 wird eingesetzt für die Beschichtung eines Kunststofffilmes mit Siliziumoxyd unter Verwendung eines Plasmas, das aufrechterhalten wird in einer Prozessgasmischung, die eine Organo-Silizium-Verbindung und Sauerstoff enthält. Die Vorrichtung weist vier Magnetron-Elektroden gemäss Figuren 2 und 3 auf, wobei jede eine Front von 600 x 150 mm aufweist und einen zentralen Permanentmagneten einer Stärke von ca. 100 Gauss ( $10^{-2}$  Tesla) und um den zentralen Magenten angeordnete, periphere Magnete von insgesamt im wesentlichen 200 Gauss und wobei der Abstand zwischen den Polen (Track-Breite) ca. 50 mm beträgt.

5 Die Magnetron-Fronten haben einen Abstand von der Umfangsfläche der Trommel, der ca. 60 mm beträgt (sichtbar derart, dass ein schmales, helles Plasmaband sich über den Tunnels entlang dem Substrat erstreckt, wobei das Plasmaband gegen das Substrat eine regelmässige Intensität aufweist, die nicht abhängig ist von den Tunnelpositionen). Die Magnetron-Elektroden werden mit einem Total von 14 kW pro

10  $m^2$  Magnetron-Front und einer Frequenz von 40 KHz gespeist. Die Abscheidungsgeschwindigkeit, die damit erreicht wird, beträgt ca. 3 nm per Sekunde, die Barriereequalität der Beschichtung ist hoch und der Betrieb stabil. Veränderungen des Abstandes zwischen den Magentron-Fronten und der Umfangsfläche der Trommel resultieren in beiden Richtungen in einer relevanten Reduktion der Abscheidungsgeschwindigkeit.

15

20

Bei Verwendung einer gleichen Installation und gleichen Betriebsparametern ausser der Magnetstärke, die vier mal höher gewählt wird, erreicht die Abscheidegeschwindigkeit ein Maximum bei einem Abstand zwischen den Magnetron-Fronten und der Umfangsfläche der Trommel, der grösser ist als 60 mm, nämlich zwischen etwa 80 und 100 mm, und die Abscheidegeschwindigkeit ist relevant höher als bei Verwendung der schwächeren Magnete.

25

## PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur Durchführung eines Plasma-unterstützten Prozesses, insbesondere einer Plasma-unterstützten, chemischen Abscheidung aus der Gasphase, welche Vorrichtung in einer Vakuumkammer eine Magnetron-Elektrode (32), ein Positioniermittel und ein Gaszuführungsmittel aufweist, wobei die Magnetron-Elektrode (32) eine flache Magentron-Front (20) mit peripheren und zentralen Magnetpolen entgegengesetzter Polarität und ein Mittel zur Erzeugung eines hochfrequenten, elektrischen Wechselfeldes aufweist, wobei das Positioniermittel ausgerüstet ist, um ein Substrat (25) mit einer zu behandelnden Oberfläche gegen die Magnetron-Front (20) gerichtet zu positionieren und wobei das Gaszuführungsmittel ausgerüstet ist für die Zuführung eines Prozessgases oder einer Prozessgasmischung zum Zwischenraum zwischen der Magnetron-Front (20) und dem zu behandelnden Substrat, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetron-Elektrode vom unausgeglichenen Typus ist und dass der Abstand zwischen der Magnetron-Front (20) und dem Positionierungsmittel an das durch die Magentetron-Elektrode erzeugte, magnetische Feld angepasst ist, derart, dass sich zwischen dunkleren Tunnels (11), die durch magnetische Feldlinien, die sich zwischen peripheren und zentralen Polen der Magnetron-Front erstrecken, und der zu behandelnden Oberfläche ein sichtbarer Plasmastreifen erstreckt, der eine minimale Breite hat aber gegen die zu behandelnde Oberfläche eine homogene Helligkeit.  
5  
10  
15  
20
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand (A-C) zwischen der zu behandelnden Oberfläche und der Magnetron-Front (20) mindestens 2% grösser ist als die sichtbare Höhe (A-B) der Tunnels (11).

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand (A-C) zwischen der zu behandelnden Oberfläche und der Magnetron-Front (20) höchstens 20% grösser ist als die sichtbare Höhe (A-B) der Tunnels (11).
- 5 4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die magnetische Stärke des zentralen Magnetpoles der Magnetron-Front (20) etwa halb so gross ist wie die magnetische Stärke der peripheren Pole.
- 10 5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetron-Elektrode (32) ein Elektrodenelement (21) aufweist, das an eine Quelle (34) einer Wechselspannung angeschlossen ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Positioniermittel und/oder das Substrat (25) elektrisch geerdet, ohne definiertes Referenzpotential oder negativ vorgespannt ist.
- 15 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Positioniermittel eine rotierende Trommel (30) ist und dass eine Mehrzahl von Magnetron-Elektroden (32) mit rechteckigen Fronten um einen Teil des Trommelumfanges angeordnet ist, wobei die Front-Längen parallel zur Trommelachse ausgerichtet ist.
- 20 8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Gaszuführungsmittel Gaszuführungsleitungen (33) aufweist, die sich zwischen den Magnetron-Fronten parallel zur Trommelachse erstrecken.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass jede Magnetron-Elektrode (32) der Mehrzahl von Magnetron-Elektroden (32) mit einer eigenen Spannungsquelle verbunden ist.
10. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 für die Durchführung einer Plasma-unterstützten, chemischen Abscheidung aus der Gasphase.
11. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 für die Abscheidung von Siliziumoxyd unter Verwendung eines Prozessgases, das eine Organosilizium-Verbindung und Sauerstoff enthält.
- 10 12. Verwendung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat ein bandförmiger Kunststofffilm ist, der zur Verbesserung der Barriereeigenschaften beschichtet wird.

1/2

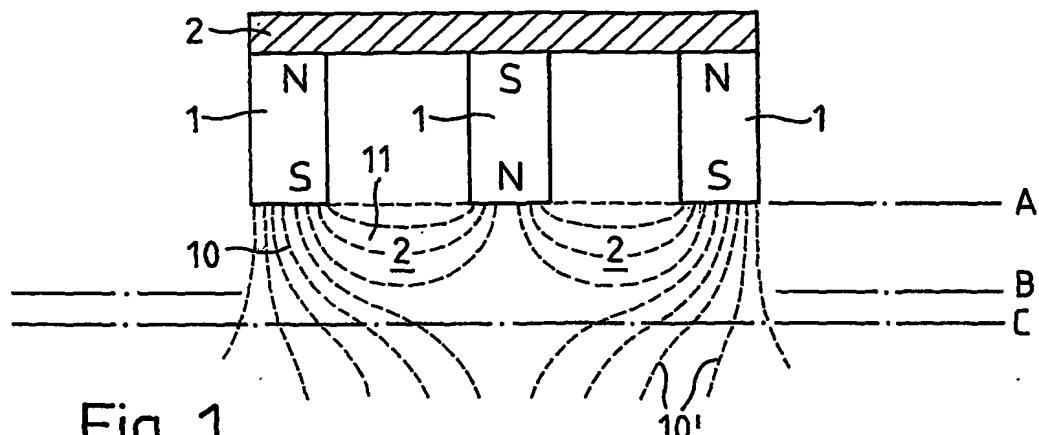


Fig. 1

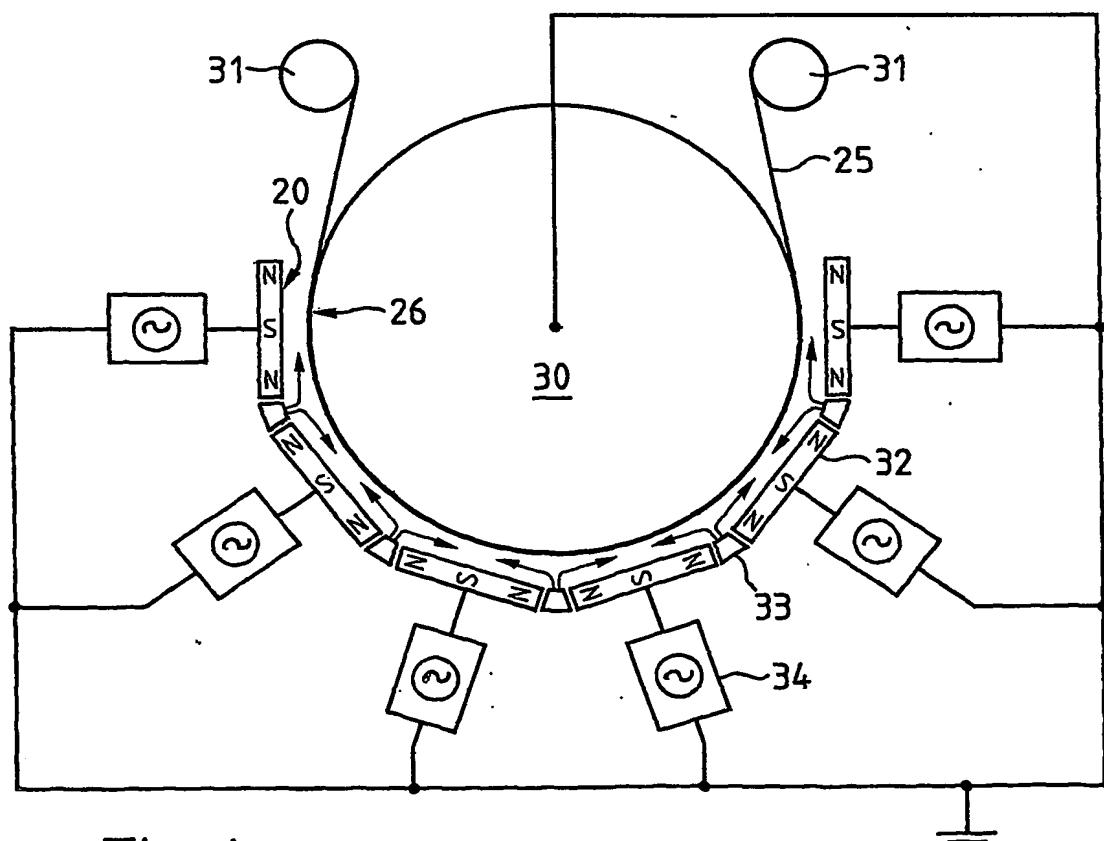


Fig. 4

2/2

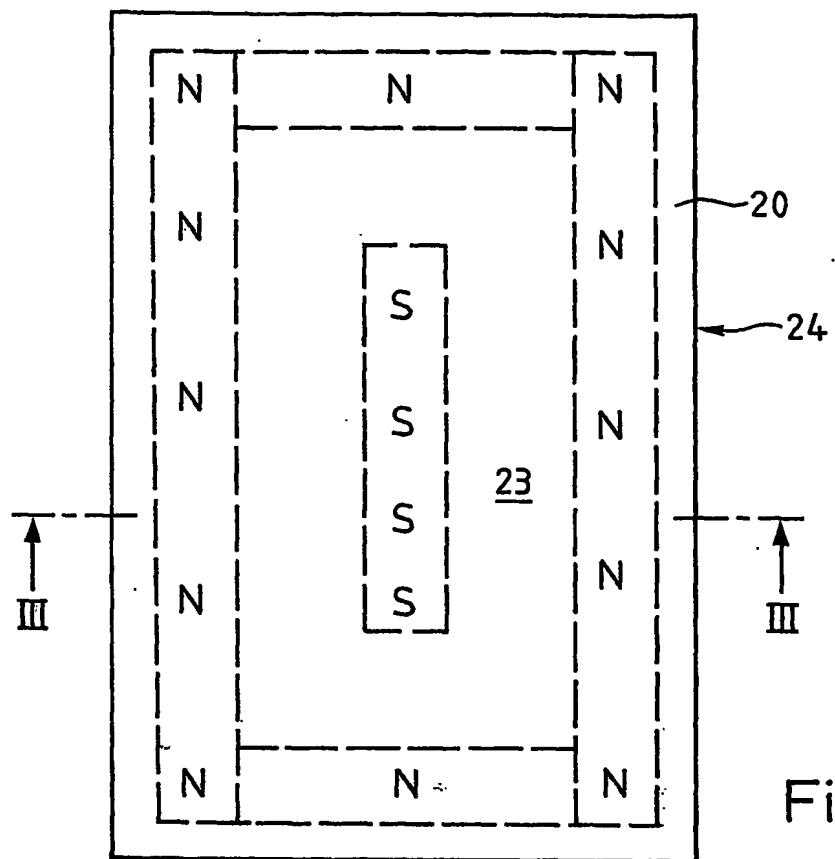


Fig. 2

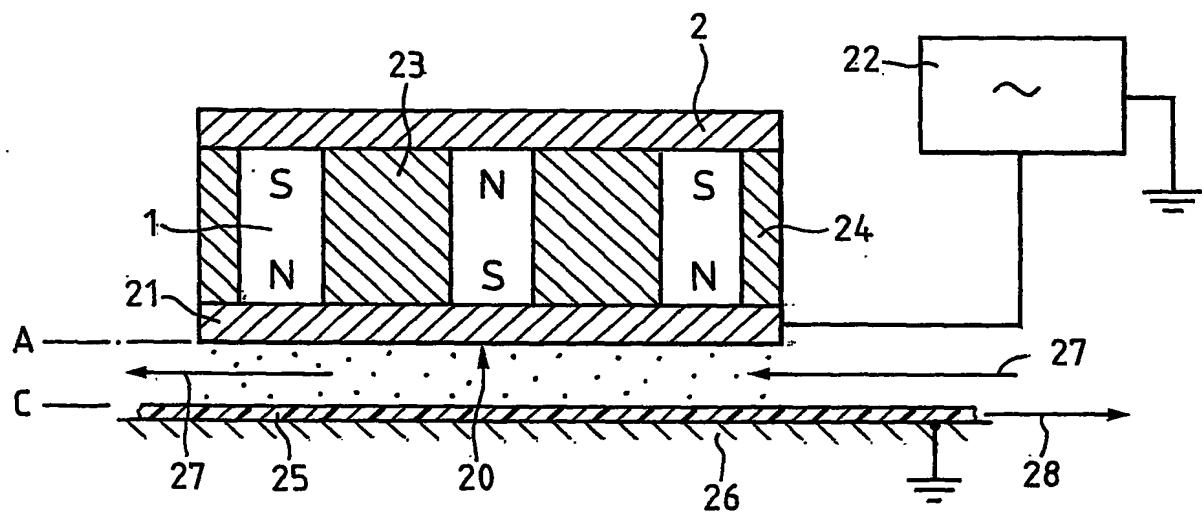


Fig. 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/CA 03/00610A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 C23C16/509 H01J37/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 C23C H01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>FUJIMAKI S ET AL: "New DLC coating method using magnetron plasma in an unbalanced magnetic field"          FIFTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPUTTERING AND PLASMA PROCESSES (ISSP'99), KANAZAWA, JAPAN, 16-18 JUNE 1999, vol. 59, no. 2-3, pages 657-664, XP002231851          Vacuum, Nov.-Dec. 2000, Elsevier, UK          ISSN: 0042-207X          page 658 -page 661</p> <p>---</p>	1-12
A	<p>EP 0 299 754 A (BOC GROUP INC)          18 January 1989 (1989-01-18)          cited in the application          page 5, line 13 - line 50; figures 4A, 4B</p> <p>---</p> <p>---</p>	1-12

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## ° Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the International search report

9 December 2003

17/12/2003

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Patterson, A

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/00/03/00610

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 224 441 A (FELTS JOHN T ET AL) 6 July 1993 (1993-07-06) cited in the application column 6, line 47 -column 7, line 43; figure 2 ----	1-12
A	BIEDERMAN H ET AL: "Characterization of an unbalanced magnetron for composite film (metal/C:H) deposition" VACUUM, APRIL 1999, ELSEVIER, UK, vol. 52, no. 4, pages 415-420, XP002231852 ISSN: 0042-207X figures 1,4,5B,6B -----	1-12

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/03/00610

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0299754	A	18-01-1989	AT 95574 T AU 606715 B2 AU 1899588 A CA 1340053 C CN 1030616 A DE 3884697 D1 DE 3884697 T2 EP 0299754 A2 ES 2043826 T3 JP 1087772 A JP 2634637 B2 KR 9311764 B1 MX 170794 B RU 2030483 C1 US 5904952 A ZA 8804511 A	15-10-1993 14-02-1991 19-01-1989 22-09-1998 25-01-1989 11-11-1993 27-01-1994 18-01-1989 01-01-1994 31-03-1989 30-07-1997 20-12-1993 15-09-1993 10-03-1995 18-05-1999 29-03-1989
US 5224441	A	06-07-1993	AT 148507 T AU 666675 B2 AU 2572492 A CA 2119561 A1 CN 1072734 A ,B CN 1125267 A ,B DE 69217233 D1 DE 69217233 T2 DK 605534 T3 EP 0605534 A1 ES 2096768 T3 FI 941439 A ID 1054 B IL 102831 A JP 3155278 B2 JP 7502074 T MX 9205420 A1 NO 941075 A NZ 244055 A PT 100880 A ,B WO 9306258 A1 US 5364665 A ZA 9206102 A	15-02-1997 22-02-1996 27-04-1993 01-04-1993 02-06-1993 26-06-1996 13-03-1997 22-05-1997 17-02-1997 13-07-1994 16-03-1997 28-03-1994 30-10-1996 14-11-1996 09-04-2001 02-03-1995 01-03-1993 24-03-1994 21-12-1995 31-05-1994 01-04-1993 15-11-1994 02-03-1993

# INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Internationaler Aktenzeichen  
PCT/00610

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 C23C16/509 H01J37/32

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 C23C H01J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	FUJIMAKI S ET AL: "New DLC coating method using magnetron plasma in an unbalanced magnetic field" FIFTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPUTTERING AND PLASMA PROCESSES (ISSP'99), KANAZAWA, JAPAN, 16-18 JUNE 1999, Bd. 59, Nr. 2-3, Seiten 657-664, XP002231851 Vacuum, Nov.-Dec. 2000, Elsevier, UK ISSN: 0042-207X Seite 658 -Seite 661 ---	1-12
A	EP 0 299 754 A (BOC GROUP INC) 18. Januar 1989 (1989-01-18) in der Anmeldung erwähnt Seite 5, Zeile 13 - Zeile 50; Abbildungen 4A, 4B ---	1-12 -/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :  
 "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist  
 "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist  
 "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)  
 "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht  
 "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist  
 "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden  
 "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist  
 "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

9. Dezember 2003

17/12/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Patterson, A

## INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/003/00610

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
A	US 5 224 441 A (FELTS JOHN T ET AL) 6. Juli 1993 (1993-07-06) in der Anmeldung erwähnt Spalte 6, Zeile 47 -Spalte 7, Zeile 43; Abbildung 2 ---	1-12
A	BIEDERMAN H ET AL: "Characterization of an unbalanced magnetron for composite film (metal/C:H) deposition" VACUUM, APRIL 1999, ELSEVIER, UK, Bd. 52, Nr. 4, Seiten 415-420, XP002231852 ISSN: 0042-207X Abbildungen 1,4,5B,6B -----	1-12

## INTERNATIONAHLER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zu derselben Patentfamilie gehören

Internationale Aktenzeichen  
PCT/003/00610

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0299754	A	18-01-1989	AT	95574 T		15-10-1993
			AU	606715 B2		14-02-1991
			AU	1899588 A		19-01-1989
			CA	1340053 C		22-09-1998
			CN	1030616 A		25-01-1989
			DE	3884697 D1		11-11-1993
			DE	3884697 T2		27-01-1994
			EP	0299754 A2		18-01-1989
			ES	2043826 T3		01-01-1994
			JP	1087772 A		31-03-1989
			JP	2634637 B2		30-07-1997
			KR	9311764 B1		20-12-1993
			MX	170794 B		15-09-1993
			RU	2030483 C1		10-03-1995
			US	5904952 A		18-05-1999
			ZA	8804511 A		29-03-1989
US 5224441	A	06-07-1993	AT	148507 T		15-02-1997
			AU	666675 B2		22-02-1996
			AU	2572492 A		27-04-1993
			CA	2119561 A1		01-04-1993
			CN	1072734 A ,B		02-06-1993
			CN	1125267 A ,B		26-06-1996
			DE	69217233 D1		13-03-1997
			DE	69217233 T2		22-05-1997
			DK	605534 T3		17-02-1997
			EP	0605534 A1		13-07-1994
			ES	2096768 T3		16-03-1997
			FI	941439 A		28-03-1994
			ID	1054 B		30-10-1996
			IL	102831 A		14-11-1996
			JP	3155278 B2		09-04-2001
			JP	7502074 T		02-03-1995
			MX	9205420 A1		01-03-1993
			NO	941075 A		24-03-1994
			NZ	244055 A		21-12-1995
			PT	100880 A ,B		31-05-1994
			WO	9306258 A1		01-04-1993
			US	5364665 A		15-11-1994
			ZA	9206102 A		02-03-1993

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**